

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-233052

(43)Date of publication of application : 10.09.1993

(51)Int.Cl.

G05B 19/405

B25J 9/22

B25J 13/06

B25J 19/06

G05B 19/18

G05B 19/407

(21)Application number : 04-070186

(71)Applicant : TOKICO LTD

(22)Date of filing : 20.02.1992

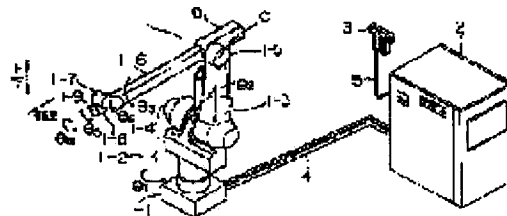
(72)Inventor : MATSUOKA YOSHIKO

## (54) TEACHING DEVICE FOR ROBOT

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent velocity higher than rated velocity from being taught to the manipulator for a robot.

CONSTITUTION: When an operator inputs velocity data for a main body 1 of a manipulator through a controller 2 or a programming unit 3, the controller 2 calculates angular velocity for each joint at the main body 1 of the manipulator and judges whether the calculated angular velocity exceeds the rated angular velocity of each joint or not. When it is judged that the calculated velocity 'exceeds' the rated velocity, velocity data are corrected in a certain range so that the angular velocity of each joint can not exceed the rated angular velocity.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-233052

(43)公開日 平成5年(1993)9月10日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 19/405		P 9064-3H		
B 2 5 J 9/22		Z 7331-3F		
	13/06	7331-3F		
	19/06	7331-3F		
G 0 5 B 19/18		D 9064-3H		

審査請求 未請求 請求項の数3(全11頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-70186

(22)出願日 平成4年(1992)2月20日

(71)出願人 000003056

トキコ株式会社

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号

(72)発明者 松岡 佳子

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号 トキコ株式会社内

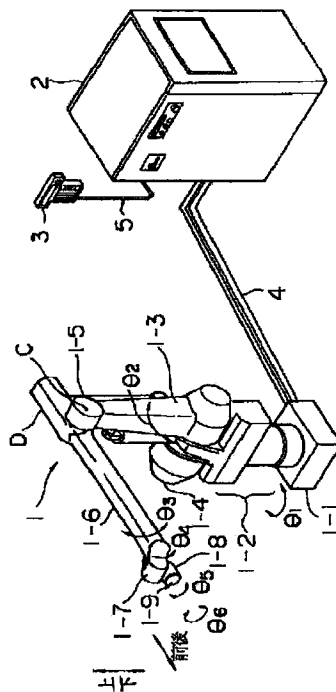
(74)代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54)【発明の名称】 ロボットの教示装置

(57)【要約】

【目的】 ロボットのマニピュレータに対して定格速度以上の速度が教示されることを未然に防止する。

【構成】 オペレータがコントローラ2またはプログラミングユニット3を介してマニピュレータ本体1の速度データを入力すると、コントローラ2はマニピュレータ本体1の各関節毎の角速度を演算し、演算された角速度が各関節の定格角速度を超えるか否かを判定する。そして、「超える」と判定した場合には、各関節の角速度が定格角速度を超えない範囲で速度データが修正される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 先端部を駆動する関節を有するマニピュレータと、教示データに基づいて前記マニピュレータの関節の駆動速度を指定する制御装置と、前記先端部が位置すべき教示点を指定する教示点データと前記各教示点間の移動速度を指定する移動速度データとを前記制御装置に入力する入力装置とからなるロボットの教示装置において、

前記関節の定格駆動速度を記憶する定格駆動速度記憶手段と、

前記入力装置から入力された移動速度データを前記関節の駆動速度を示す駆動速度データに変換する変換手段と、

前記駆動速度データで示された駆動速度と前記定格駆動速度との大小関係を判定する比較手段と、

前記比較手段において前記駆動速度が前記定格駆動速度よりも大であると判定された場合に警報を発生する警報手段とを具備することを特徴とするロボットの教示装置。

【請求項2】 前記比較手段において前記駆動速度が前記定格駆動速度よりも大であると判定された場合に、前記駆動速度が前記定格駆動速度を超えない範囲の移動速度を計算し、計算した移動速度を更新移動速度データとして出力する移動速度計算手段と、

前記更新移動速度データを表示する表示手段と、

前記移動速度データを前記更新移動速度データに更新するデータ更新手段とを具備することを特徴とする請求項1に記載のロボットの教示装置。

【請求項3】 前記移動速度演算手段は、前記関節の定格角加速度と定格角速度とを記憶する定格角加速度・定格角速度記憶手段と、

前記定格角加速度に基づいて前記マニピュレータの最大加速度を計算する最大加速度計算手段と、

前記マニピュレータが前記最大加速度で加速され、前記移動速度計算手段で前記定格角速度に基づいて計算された移動速度または教示した移動速度で等速駆動され、しかる後に前記最大加速度で減速され停止することによって前記教示点間を移動する所要時間を求め、前記教示点間の距離を前記所要時間で除算することによって平均速度を計算する平均速度計算手段と、

前記平均速度を表示する平均速度表示手段とを具備することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のロボットの教示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、いわゆるティーチングプレイバック形ロボットの教示装置に係り、特に軌跡精度が重要な塗装シーリング用ロボットに用いて好適な教示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 今日、種々の分野において産業用ロボットが用いられている。例えば、塗装用ロボットにおいては、塗料噴射装置を装着したマニピュレータを設けるとともに塗装対象上の複数の塗装箇所を予め記憶し、これらの箇所を順次移動させながらマニピュレータを駆動し塗料を噴射させる。このような一連の作業を自動的に行うために、ロボットに作業手順を教示する装置を教示装置と呼ぶ。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、従来の塗装ロボットの教示装置は、塗装箇所におけるマニピュレータの動作をチェックしていたが、複数の塗装箇所相互間を移動する場合における動作をチェックするものは無かった。すなわち、教示された2点間をマニピュレータが移動する際に、当該マニピュレータの定格上の最大速度以上の速度を教示する可能性があった。このため、マニピュレータの軌跡精度が著しく低下するとともに、マニピュレータの寿命を縮めるという問題があった。この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、マニピュレータの定格速度以上の速度が教示されることを未然に防止することができるロボットの教示装置を提供することを目的としている。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため請求項1に記載の構成にあつては、先端部を駆動する関節を有するマニピュレータと、教示データに基づいて前記マニピュレータの関節の駆動速度を指定する制御装置と、前記先端部が位置すべき教示点を指定する教示点データと前記各教示点間の移動速度を指定する移動速度データとを前記制御装置に入力する入力装置とからなるロボットの教示装置において、前記関節の定格駆動速度を記憶する定格駆動速度記憶手段と、前記入力装置から入力された移動速度データを前記関節の駆動速度を示す駆動速度データに変換する変換手段と、前記駆動速度データで示された駆動速度と前記定格駆動速度との大小関係を判定する比較手段と、前記比較手段において前記駆動速度が前記定格駆動速度よりも大であると判定された場合に警報を発生する警報手段とを具備することを特徴としている。

【0005】 また、請求項2に記載の構成にあつては、請求項1に記載のロボットの教示装置において、前記比較手段において前記駆動速度が前記定格駆動速度よりも大であると判定された場合に、前記駆動速度が前記定格駆動速度を超えない範囲の移動速度を計算し、計算した移動速度を更新移動速度データとして出力する移動速度計算手段と、前記更新移動速度データを表示する表示手段と、前記移動速度データを前記更新移動速度データに更新するデータ更新手段とを具備することを特徴としている。

【0006】 また、請求項3に記載の構成にあつては、

請求項1または請求項2に記載のロボットの教示装置において、前記移動速度演算手段は、前記関節の定格角加速度と定格角速度とを記憶する定格角加速度・定格角速度記憶手段と、前記定格角加速度に基づいて前記マンピュレータの最大加速度を計算する最大加速度計算手段と、前記マンピュレータが前記最大加速度で加速され、前記移動速度計算手段で前記定格角速度に基づいて計算された移動速度または教示した移動速度で等速駆動され、しかる後に前記最大加速度で減速され停止することによって前記教示点間を移動する所要時間を求め、前記教示点間の距離を前記所要時間で除算することによって平均速度を計算する平均速度計算手段と、前記平均速度を表示する平均速度表示手段とを具備することを特徴としている。

【0007】

【作用】請求項1に記載の構成にあつては、変換手段が移動速度データを関節の駆動速度を示す駆動速度データに変換し、このデータで示された駆動速度と定格駆動速度との大小関係が判定する比較手段によって判定される。そして、前者が大であると判定されると、警報手段によって警報が発生される。これにより、オペレータは、入力装置から入力した移動速度データが過大であったことを認識することができる。なお、定格駆動速度は、例えば各軸の角速度等により求めることができ、動作範囲内の姿勢によって異なる。

【0008】さらに、請求項2に記載の構成にあつては、駆動速度が定格駆動速度を超えない範囲の移動速度が移動速度計算手段によって計算され、この移動速度が表示手段に表示されるとともに、この移動速度に基づいてデータ更新手段が移動速度データを更新するから、最適な移動速度が自動的に設定される。

【0009】さらに、請求項3に記載の構成にあつては、定格角加速度記憶手段に記憶された関節の定格角加速度に基づいて最大加速度計算手段がマンピュレータの最大加速度を計算する。また、平均速度計算手段は、該マンピュレータが最大加速度で加速され、移動速度計算手段で計算された移動速度で等速駆動され、しかる後に最大加速度で減速され停止することによって教示点間を移動する所要時間を計算し、該教示点間の距離を該所要時間で除算することによって平均速度を計算する。そして、平均速度表示手段にこの平均速度が表示されるから、オペレータはマンピュレータの平均速度を容易に知ることができる。

【0010】

【実施例】

[第1の実施例]

A. 実施例の構成

A. 1 実施例の全体構成

図1に本発明の第1の実施例の塗装ロボットシステムを示す。図において1はマンピュレータ本体であり、2は

これを制御するためのコントローラである。コントローラ2は、ケーブル4を介してマンピュレータ本体1と接続されている。次に、3はプログラミングユニット（以下PGUという）であり、オペレータがマンピュレータ本体1に指示を与えたり、教示を行うために設けられたものである。PGU3はケーブル5を介してコントローラ2と接続されている。

【0011】A. 2マンピュレータ本体1の構成

マンピュレータ本体1は、さらにボックス1-1、ベース部1-2、第1アーム1-3、第2アーム1-6、第1リンク1-4、第2リンク1-5、手首上下部1-7、手首左右部1-8および旋回部1-9により構成されている。ボックス1-1は、設置面に固定され、ベース1-2はボックス1-1に対して、矢印 $\theta_1$ 方向に回転自在に取り付けられている、第1アーム1-3はベース1-2に軸着され、矢印 $\theta_2$ 方向に回転自在になっている。第1リンク1-4はベース1-2に $\theta_3$ 方向に回転自在に軸支されている。また、第2アーム1-6は、第1アーム1-3に点Cにおいて回転自在に軸支されている。これにより、第2アーム1-6は、その長さ方向に動くことが可能になっている。

【0012】また、第2アーム1-6は、点Cと反対側に位置する点Dにおいて第2リンク1-5に回転自在に軸支されており、第1リンク1-4の動作によって、上下動可能になっている。第2アーム1-6の先端部には $\theta_4$ 方向に回転可能な手首上下部1-7が軸支されている。さらに、手首上下部1-7には $\theta_5$ 方向に回転可能な手首左右部1-8が軸支され、手首左右部1-8には手首旋回部1-9が $\theta_6$ 方向に回転可能に軸支されている。

【0013】上記各構成要素は、マンピュレータ本体1内にあるモータ（図示せず）によって駆動可能になっており、これらとコントローラ2とは、ケーブル4を介して信号及び動力の授受が可能になっている。同様に、コントローラ2とPGU3とはケーブル5を介して信号授受が可能になっている。PGU3にはキーボードと表示部とが設けられており、オペレータはこれら操作することによって、マンピュレータ本体1を動作させることができる。なお、図3にロボットベース座標系と、マンピュレータ本体1のモデルと、主軸角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ の関係を示す。図において第1アーム1-3の長さを $L_1$ 、第2アーム1-6長さを $L_2$ としている。

【0014】B. 実施例の動作

上述した実施例の構成は周知の塗装ロボットシステムと同様であり、このシステムを用いて塗装作業を行うときの動作も周知のシステムと同様である。本実施例は、塗装工程を塗装ロボットシステムに教示する過程に特徴があるため、この教示動作について詳細に説明する。

【0015】B. 1. 実施例の全体動作

まず、図2を参照して本実施例の全体動作を説明する。

なお、図2はコントローラ2に設定された処理プログラムのメインルーチンのフローチャートである。図において処理が開始されると、ステップSP1において、所定のイニシャライズが行われる。例えば、本実施例においては、教示点の数を示す変数P\_NUM（以下、ティーチングポイント数という）を使用するが、これが「0」に、イニシャライズされる。

【0016】次に、処理がステップSP2に進むと、オペレータによるポイントの指定が可能になる。オペレータは、ここでダイレクト又はリモートでロボットの姿勢を決め、教示する。オペレータは複数のポイントを指定することが可能であり、ポイントが指定される度にティーチングポイント数P\_NUMがインクリメントされる。そして、最終ポイントの指示がオペレータから入力されると、ステップSP2の処理が終了する。

【0017】次に、「1」～「P\_NUM」の範囲で変数iがインクリメントされ、各変数iについてステップSP3～6の処理が繰返される。まず、ステップSP3においては、i番目のティーチングポイントについて、位置決めモードが「精」または「粗」の何れであるのかオペレータから指示され、指示された位置決めモードが設定される。ここで位置決めモード「精」とは、塗装等を行うために高い軌跡精度を要求するモードであり、位置決めモード「粗」とは、単に移動のみ行う等ために高い軌跡精度を要求しないモードである。

【0018】次に、処理がステップSP4に進むと、当該ティーチングポイントへの移動速度Vの指定が可能になる。ここで、オペレータが速度Vを指定すると、処理がステップSP5に進む。ステップSP5においては、マニピュレータ本体1が高い軌跡精度を保ちながら移動できる最大速度V<sub>max</sub>が演算される。なお、ステップSP5の詳細については後述する。

【0019】次に、処理がステップSP6に進むと、速度Vが最大速度V<sub>max</sub>よりも大であるか否かが判定される。ここで「YES」と判定されると、次に位置決めモードが「精」であるか否かが判定される。ここで、さらに「YES」と判定されると、上記ステップSP5で求められた最大速度V<sub>max</sub>が強制的に速度Vに代入され、その旨がオペレータに対して表示される。

【0020】例えば、PGU3を用いて遠隔制御を行う場合には、PGU3の表示部においてオペレータが教示した速度と、最大速度V<sub>max</sub>とを交互に点滅させるとともにブザーを鳴らす。また、このときのブザーのパターンは速度オーバーと同じものとする。一方、コントローラ2を介してダイレクトに教示を行う場合には、手元スイッチに近接したLED（図示せず）を点灯し、アラームを発生させるとともにブザーを鳴らす。ブザーのパターンは最大速度オーバーと同じものとする。

【0021】また、本実施例は、プログラムを若干変更することによって加減速制御を行うことも可能である

（詳細は後述する）。かかる場合には、表示する速度は2点間の平均速度とするとよい。すなわち、平均速度は、加速度aで加速、速度Vで等速運動した後、加速度-aで減速、停止するまでの所要時間をtとすると、移動距離Lをtで割った値とする。

【0022】なお、ステップSP6において速度Vが最大速度V<sub>max</sub>以下である場合または位置決めモードが「粗」である場合には、変数iがインクリメントされ、上記ステップSP3～6の処理が繰返される。このように、各ティーチングポイントに対して、最大速度V<sub>max</sub>と対比されつつ順次速度Vが設定され、「P\_NUM」番目のティーチングポイントについて設定が終了すると、メインルーチンの処理が終了する。

【0023】B. 2. ステップSP5における動作の詳細

次に、上記メインルーチンのステップSP5において最大速度V<sub>max</sub>を求める手順について詳述する。最大速度V<sub>max</sub>を求める手順は、マニピュレータ本体1の動作が直線状である場合と円弧状である場合とで異なる。何れの動作を選択するかはオペレータが指定可能であり、以下、場合を分けて説明する。なお、添付した図面においては、一般的な数学表記法に従い、ベクトル量は太字で表記し、変数の時刻tによる1階微分および2階微分はそれぞれ変数上に付された「 $\cdot$ 」および「 $\ddot{\phantom{x}}$ 」の記号で表記するが、明細書中においては、ベクトル量は変数の上添字「 $\cdot$ 」で表記し、変数の時刻tによる1階微分および2階微分はそれぞれ上添字「 $\dot{\phantom{x}}$ 」および「 $\ddot{\phantom{x}}$ 」で示す。

【0024】①直線動作時における最大速度計算処理  
(i)教示データに基づく最大速度の計算処理

直線動作時においては、メインルーチンでステップSP5が実行されると、図4に示すサブルーチンが呼出される。図において処理が開始されると、先ずステップSP101において、第i番目の教示点位置をP $\cdot_i$ 、第i+1番目の教示点位置をP $\cdot_{i+1}$ として、両点間の距離Lが、次式により求められる。

$$L = P \cdot_{i+1} - P \cdot_i$$

【0025】次に、処理がステップSP102に進むと、該2点間を結ぶ直線について、教示した速度Vでは何回のサンプリングで移動可能であるかが次式により計算され、演算結果が分割数S<sub>tp</sub>に代入される。

$$S_{tp} = (L/V) * \text{Sample\_f}$$

ただし、Sample<sub>f</sub>は所定のデジタル制御のサンプリング周波数である。次に、処理がステップSP103に進むと、2点を結ぶ直線の方角ベクトル（単位ベクトル）e $\cdot$ が次式により求められる。

$$e \cdot = (P \cdot_{i+1} - P \cdot_i) / L$$

【0026】ところで、各軸角度 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_6$ を

$$\theta \cdot = [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_6]$$

なる角度ベクトル $\theta^*$ で表現すると、

$$\theta^* = [\theta_1^*, \theta_2^*, \dots, \theta_6^*]^T$$

なる角速度ベクトル $\theta^{*'}$ を求めることが可能である。以下の処理においては、この角速度ベクトル $\theta^{*'}$ の最大値たる最大角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\max}$ を求めるのであるが、その準備として、ステップSP104においては、最大角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\max}$ に「0」ベクトルが代入される。

【0027】次に、変数 $j$ を「0」から分割数 $Stp$ まで変化させ、各変数 $j$ についてステップSP105～109の処理が行われる。すなわち、教示点 $P_i$ から教示点 $P_{i+1}$ に至るまでの距離を「 $V/Sample\_f$ 」毎にサンプリングし、各サンプリングポイント毎に最大速度をチェックする。まず、ステップSP105においては、 $j$ 番目（但し $j=0,1,\dots,Stp$ ）の先端位置 $x^*_j$ が $x^*_j = P^*_i + (V \times j / Sample\_f) e^*$ なる近似式で求められる。

【0028】次に、処理がステップSP106に進むと、先端位置が $x^*_j$ にあるときの各軸角度 $\theta^*$ が求められ、さらにそのヤコビ行列 $J^*$ が求められる。次に、処理がステップSP107に進むと、この時点における速度 $x^{*'}_j$ が $x^{*'}_j = V e^*$

なる近似式により求められ、処理がステップSP108に進む。ここで、ヤコビ行列 $J^*$ と先端速度 $x^{*'}_j$ との関係は、

$$x^{*'}_j = J^* \theta^{*'}_j$$

であるから、ステップSP108においては、このときの各単位角速度

$$\theta^{*'}_j = [\theta^{*'}_{j1}, \theta^{*'}_{j2}, \dots, \theta^{*'}_{j6}]^T$$

が、次式により求められる。

$$\theta^{*'}_j = J^{*-1} x^{*'}_j$$

【0029】次に、処理がステップSP109に進むと、「1」～「6」の変数 $k$ に対して、第 $k$ 軸の角速度 $\theta^{*'}_{jk}$ と、最大角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\max}$ の各要素たる第 $k$ 軸の最大角速度 $\theta^{*'}_{\max k}$ との大小関係が判定される。そして、「 $\theta^{*'}_{jk} > \theta^{*'}_{\max k}$ 」の関係があると判定された場合には、この角速度 $\theta^{*'}_{jk}$ が新たな最大角速度 $\theta^{*'}_{\max k}$ に設定される。

【0030】このように、ステップSP105～108の処理においては、 $j$ 番目（但し $j=0,1,\dots,Stp$ ）の教示点に対して角速度 $\theta^{*'}_{jk}$ が演算され、ステップSP109において「 $\theta^{*'}_{jk} > \theta^{*'}_{\max k}$ 」の関係があると判定された場合には最大角速度 $\theta^{*'}_{\max k}$ が更新される。従って、ステップSP105～108の処理が $Stp$ 回繰返された後においては、真の最大角速度 $\theta^{*'}_{\max k}$ 、すなわち教示された2点（ $P^*_i, P^*_{i+1}$ ）間を速度 $V$ で移動するために必要な最大角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\max}$ が得られる。

【0031】(ii)比較度数の計算処理

次に、ステップSP110～112の処理にあつては、マニピュレータ本体1が出し得る定格角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\text{limit}}$ と、上記最大角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\max}$ との比が求められ、このうち最も値の小さい値が変数 $C_{mp}$ （以下、比較度数という）に設定される。以下、各ステップ毎に説明する。まず、ステップSP110においては、比較度数 $C_{mp}$ が「1」に初期設定される。次に、変数 $k$ を「1」～「6」まで変化させながら、ステップSP111および112の処理が行われる。

【0032】ステップSP111においては、第 $k$ 軸に係る定格角速度 $\theta^{*'}_{\text{limit}k}$ と最大角速度 $\theta^{*'}_{\max k}$ の比「 $\theta^{*'}_{\text{limit}k} / \theta^{*'}_{\max k}$ 」が演算され、その結果が変数 $C_n$ に格納される。次に、処理がステップSP112に進むと、変数 $C_n$ が比較度数 $C_{mp}$ よりも小であるか否かが判定され、「小である」と判定された場合には、 $C_n$ の内容が比較度数 $C_{mp}$ に転送される。次に、上記ステップSP111, 112の処理が終了すると、

$$V_{\max} = V * C_{mp}$$

なる最大速度 $V_{\max}$ が演算される。すなわち、教示点 $P^*_i$ から教示点 $P^*_{i+1}$ への移動速度を最大速度 $V_{\max}$ 以下に抑える限り、最大角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\max}$ の各要素は定格角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\text{limit}}$ の各要素を超えることがなくなる。

【0033】②円弧補間を行う場合の動作

マニピュレータ本体1は、円弧状の軌道を描いて駆動される場合がある。この場合の動作を図5を参照して説明する。まず、円弧軌道は、始点ベクトル $P^*_1$ と終点ベクトル $P^*_3$ と円弧の途中に位置する中点ベクトル $P^*_2$ とを特定することにより、特定される。ステップSP201においては、これらのベクトル $P^*_1 \sim P^*_3$ に基づいて、円弧の中心角 $\phi$ 、円弧の長さ $R$ および中心位置 $x^*_c$ が計算される。

【0034】次に、処理がステップSP202に進むと、教示した速度で移動する場合の分割数 $Stp$ が次式により計算される。

$$Stp = (R / V) \times Sample\_f$$

次に、変数 $i$ を「0」から分割数 $Stp$ まで変化させ、各変数 $i$ についてステップSP204～209の処理が行われる。すなわち、円弧軌道を速度 $V$ で移動する場合の1サンプリングで進むポイント毎に最大速度をチェックする。その準備として、ステップSP203においては、

$$\theta^{*'}_{\max} = [\theta^{*'}_{\max 1}, \theta^{*'}_{\max 2}, \dots, \theta^{*'}_{\max 6}]^T$$

なる最大角速度ベクトル $\theta^{*'}_{\max}$ に「0」ベクトルが代入される。

【0035】以下、ステップSP204～209の処理を各ステップ毎に説明する。まず、ステップSP204においては、 $i$ 番目のサンプリングポイントにおける位置ベクトル $x^*_i$ が計算される。 $i$ 番目の位置ベクトル $x^*_i$ は、始点ベクトル $P^*_1$ 、中点ベクトル $P^*_2$ および終点

ベクトル $P^*_3$ と同一平面上、始点ベクトル $P^*_1$ から「 $i \times \phi / \text{Step}$ 」だけ終点ベクトル $P^*_3$ に向って回転させた位置に存在する。

【0036】次に、処理がステップSP205に進むと、この位置ベクトル $x^*_i$ における各軸角度 $\theta^*$ が算出され、ヤコビ行列 $J^*$ が求められる。次に、処理がステップSP206に進むと、円弧の中心位置 $x^*_c$ から位置ベクトル $x^*_i$ に向う法線方向の方向予弦 $e^*$ が計算される。すなわち、この位置での速度ベクトルの方向が算出される。次に、処理がステップSP207に進むと、マニピュレータ本体1の先端部が速度 $V$ 、方向 $e^*$ で移動するものと近似して、次式により先端速度 $x^*_i$ が計算される。

$$x^*_i = (V / \text{Sample\_f}) \times e^*$$

【0037】次に、処理がステップSP208に進むと、上記ステップSP108と同様に角速度ベクトル $\theta^*_i$ が計算される。次に、処理がステップSP209に進むと、上記ステップSP109と同様に、「1」～「6」の変数 $j$ に対して、第 $j$ 軸の角速度 $\theta^*_{ij}$ と、最大角速度ベクトル $\theta^*_{\text{max}}$ の各要素たる第 $j$ 軸の最大角速度 $\theta^*_{\text{max}j}$ との大小関係が判定される。そして、「 $\theta^*_{ij} > \theta^*_{\text{max}j}$ 」の関係があると判定された場合には、この角速度 $\theta^*_{ij}$ が新たな最大角速度 $\theta^*_{\text{max}j}$ に設定される。

【0038】従って、ステップSP204～209の処理がStep回繰返された後においては、真の最大角速度ベクトル $\theta^*_{\text{max}}$ が得られる。次に、ステップSP210～213においては、上記ステップSP110～113と同様の処理が行われる。すなわち、マニピュレータ本体1が出し得る定格角速度ベクトル $\theta^*_{\text{limit}}$ と、最大角速度ベクトル $\theta^*_{\text{max}}$ とに基づいて比較度数 $C_{\text{mp}}$ が求められ、これに基づいて最大速度 $V_{\text{max}}$ が演算される。

【0039】このように、本実施例によれば、マニピュレータ本体1が出し得る定格角速度ベクトル $\theta^*_{\text{limit}}$ とに基づいて最大速度 $V_{\text{max}}$ が演算されるから、性能上無理な速度が教示されることを未然に回避することが可能である。

【0040】[第2の実施例]

#### A. 実施例の構成

次に、本発明の第2の実施例を説明する。図7に本発明の第2の実施例の塗装ロボットシステムを示す。図においてマニピュレータ本体1、コントローラ2の構成は第1の実施例と同様である。さらに、第2の実施例のシステムにあっては、フロッピーディスクドライブ付のパーソナルコンピュータ6と、その入力装置としてのキーボード8-1およびタブレット8-2と、表示装置としてのCRTディスプレイ7とが設けられ、これらによってオフライン教示装置が構成されている。

【0041】オペレータは、キーボード8-1またはタ

ブレット8-2を介してパーソナルコンピュータ6に教示点の位置姿勢、各教示点間の速度、加速度等を入力し、教示データを作成することが可能である。作成された教示データは、フロッピーディスク9に記録される。そして、このフロッピーディスク9を、コントローラ2にセットすると、記録された教示データがコントローラ2によって読み出され、この教示データによってマニピュレータ本体1が自動制御される。

#### 【0042】B. 実施例の動作

次に本実施例の動作を説明する。本実施例においても、塗装作業自体の動作は周知のシステムと同様であり、本実施例の特徴はパーソナルコンピュータ6を用いた教示動作にある。そこで、パーソナルコンピュータ6に設定された教示データ設定プログラムのフローチャート(図6)を参照して、この教示動作について詳細に説明する。図において処理が開始されると、ステップSP301～303において、第1の実施例におけるステップSP1、2と同様の処理が行われる。すなわち、ステップSP301において、ティーチングポイント数 $P\_NUM$ が「0」に設定される等の所定のイニシャライズが行われ、ステップSP302、303を介して、オペレータによって各教示点毎にロボットの姿勢等が教示される。

【0043】次に、「1」～「 $P\_NUM$ 」の範囲で変数 $i$ がインクリメントされ、各変数 $i$ についてステップSP304～311の処理が繰返される。まず、ステップSP304においては、 $i$ 番目のティーチングポイントについて、位置決めモードが「精」または「粗」の何れであるのかオペレータから指示される。次に、処理がステップSP305に進むと、当該ティーチングポイントへの移動速度 $V$ がオペレータによって指定される。

【0044】ここで、位置決めモードが「粗」である場合には、変数 $i$ がインクリメントされ、次の教示点に対して上記ステップSP304、305の処理が行われるが、位置決めモードが「精」である場合には、次のステップSP306～311の処理が行われる。

【0045】まず、ステップSP306においては、各軸の角加速度から出力可能な最大加速度 $a$ が計算される。ここで、アーム先端加速度 $X''$ と各軸角加速度 $\theta''$ には、

$$a = |x''| = |(dJ^*/d\theta^*) \cdot \theta''^2 + J^* \theta''|$$

なる関係が成立するが、ここでは簡単のため右辺第1項を「0」とする。次に、処理がステップSP307に進むと、移動可能な最大速度 $V_{\text{max}}$ が計算される。なお、この処理は図4、図5において説明した第1の実施例の処理と同様である。

【0046】次に、処理がステップSP308に進むと、先にステップSP305で教示された速度 $V$ が最大速度 $V_{\text{max}}$ よりも大であるか否かが判定され、大である場合には速度 $V$ に $V_{\text{max}}$ が代入される。この際、CRTディスプレイ7上で速度 $V$ を点滅表示し、ピープ音を発

生させると好適である。次に、処理がステップSP309に進むと、加速度aで加速し速度Vで等速運動し加速度-aで減速停止するときの移動時間tが下式により求められる。

$$t = L/V + V/a$$

【0047】次に、処理がステップSP310に進むと、下式により、平均速度 $V_{ave}$ が計算される。

$$V_{ave} = L/t$$

次に、処理がステップSP311に進むと、計算された平均速度 $V_{ave}$ がCRTディスプレイ7に表示される。

そして、変数iについて上記ステップSP304～311の処理が終了すると、変数iがインクリメントされ、ステップSP304～311の処理が繰返される。そして、「P\_NUM」番目のティーチングポイントについて設定が終了すると、教示データ作成処理が終了する。以後、作成した教示データをフロッピーディスク9に記録し、コントローラ2に設定するとよい。

【0048】このように、本実施例によれば、第1の実施例と同様に各ティーチングポイントに対して、最大速度 $V_{max}$ と対比されつつ順次速度Vが設定され、さらに、各ティーチングポイントについて平均速度 $V_{ave}$ を表示することが可能である。従って、産業用ロボットを使用した生産ラインを構築する際に情報量が多く、一層好適である。

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に記載のロボットの教示装置によれば、変換手段が移動速度データを関節の駆動速度を示す駆動速度データに変換し、この駆動速度が定格駆動速度よりも大であると判定されると警報手段によって警報が発生されるから、マンピュレータに定格速度以上の速度が教示されることを未然に防止することが可能である。これにより、塗装又はシーリングなどの品質向上を図ることができる。また、請求項2に記載のロボットの教示装置によれば、上記利点に加え、自動的に速度を設定することができるから、オペレータが速度の教示を繰り返す必要がなく、教示時間の短

縮をはかることができる。さらに、請求項3に記載の構成によれば、自動的に最大加速度を設定することが可能であるから、目標軌道が正確に再生され、塗装品質等が向上する。また、マンピュレータ自体に無理な負荷が印加されないから、その寿命を長くすることができるという格別の効果を呈する。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例の構成を示す斜視図である。

【図2】第1の実施例の制御プログラムのメインルーチンのフローチャートである。

【図3】第1の実施例の数学モデルを示す図である。

【図4】第1の実施例の制御プログラムのサブルーチンのフローチャートである。

【図5】第1の実施例の制御プログラムのサブルーチンのフローチャートである。

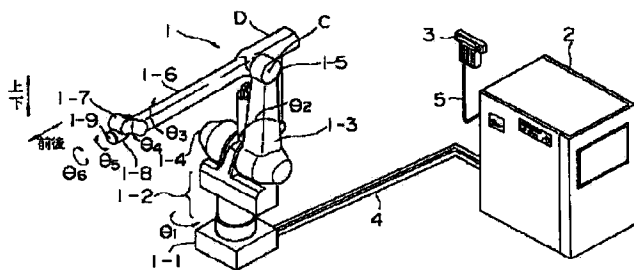
【図6】第2の実施例の制御プログラムのフローチャートである。

【図7】第2の実施例の構成を示す図である。

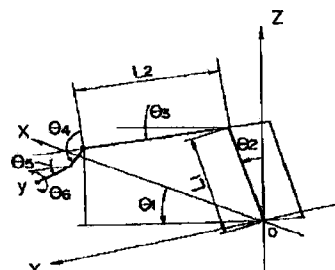
【符号の説明】

- 1 マンピュレータ本体（マンピュレータ）
- 2 コントローラ（制御装置、入力装置、定格駆動速度記憶手段、変換手段、比較手段、警報手段、移動速度計算手段、表示手段、データ更新手段）
- 3 P G U（入力装置、表示装置）
- 6 パーソナルコンピュータ（制御装置、入力装置、定格駆動速度記憶手段、変換手段、比較手段、警報手段、移動速度計算手段、表示手段、データ更新手段、定格角加速度記憶手段、最大加速度計算手段、平均速度計算手段、平均速度表示手段）
- 7 C R Tディスプレイ（表示装置、平均速度表示手段）
- 8-1 キーボード（入力装置）
- 8-2 タブレット（入力装置）
- 9 フロッピーディスク（定格駆動速度記憶手段、定格角加速度記憶手段）

【図1】

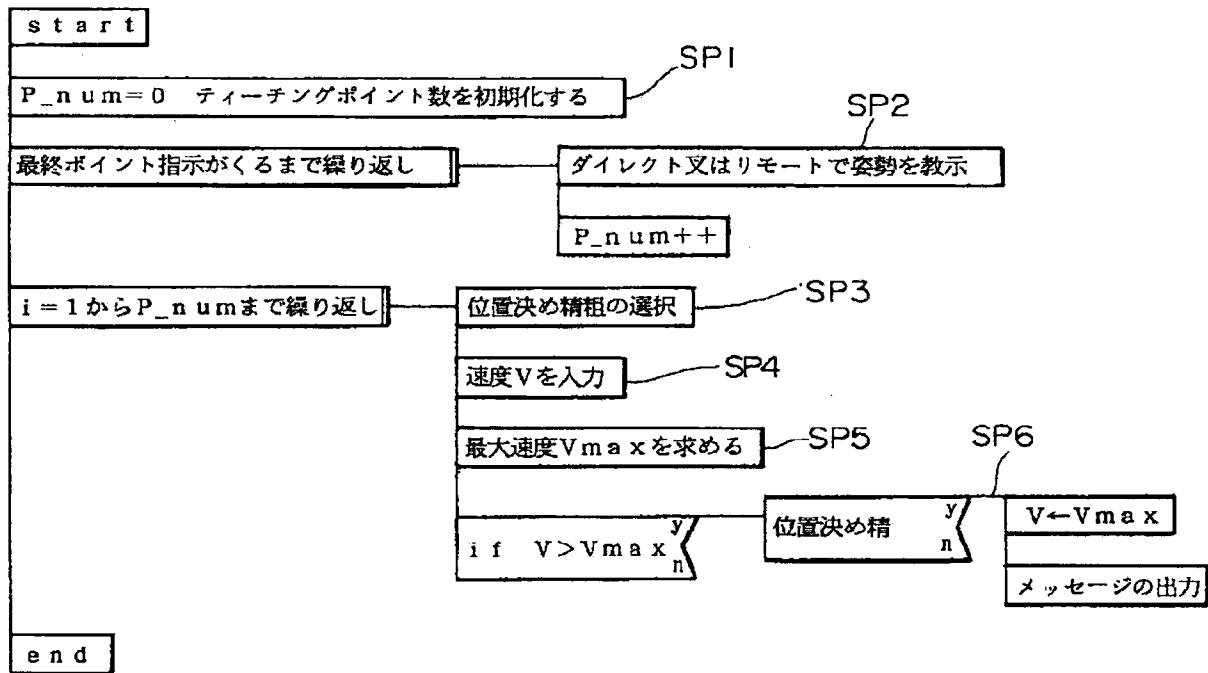


【図3】

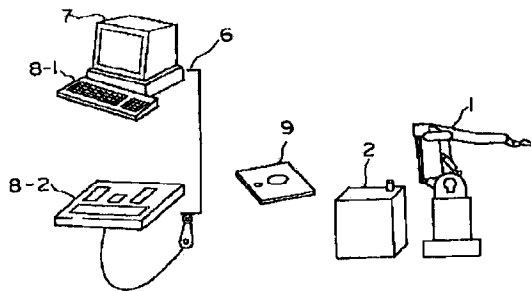




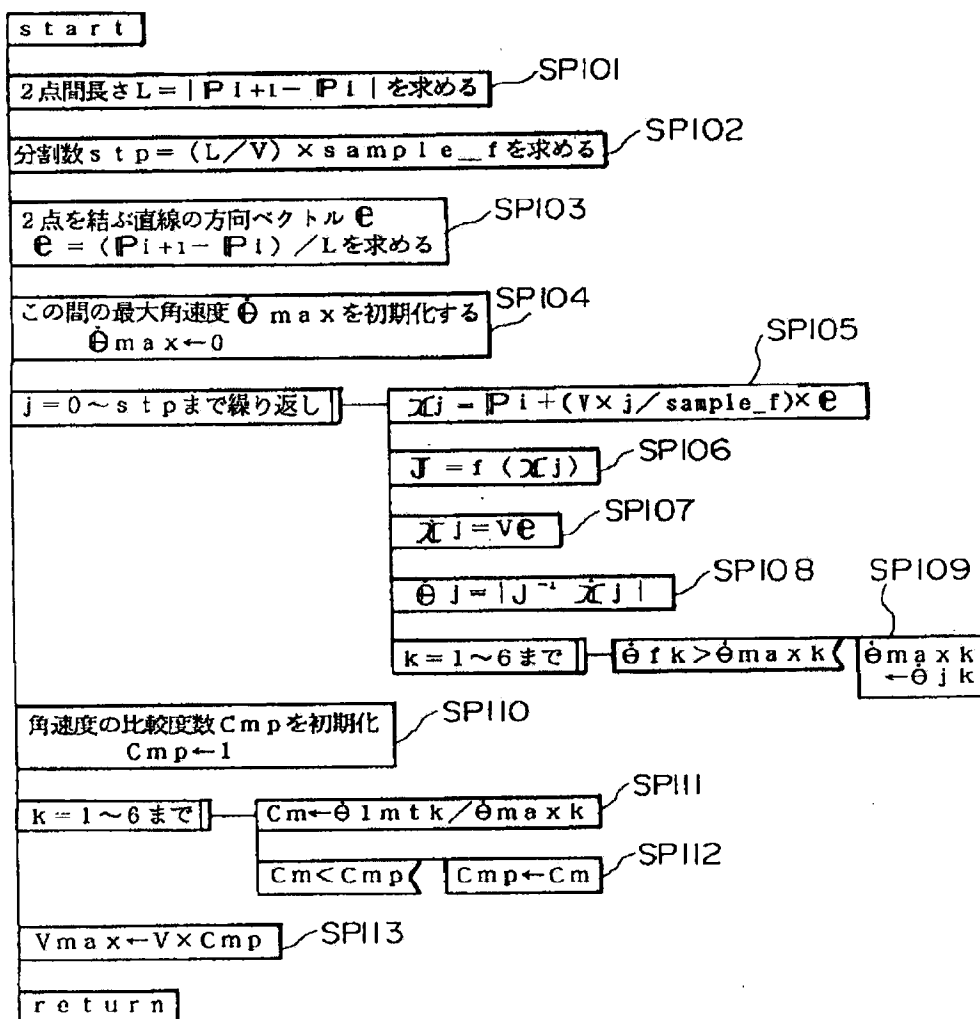
【図2】



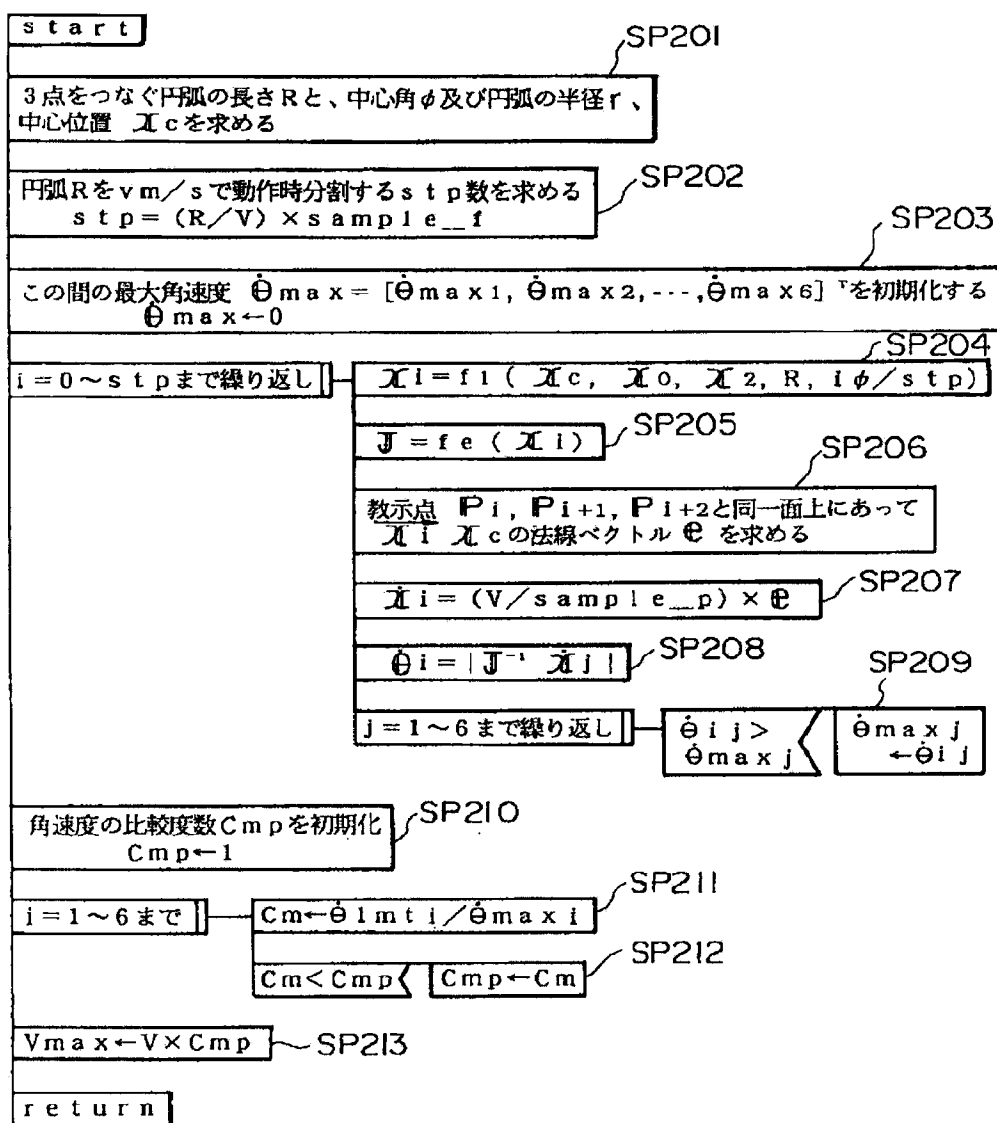
【図7】



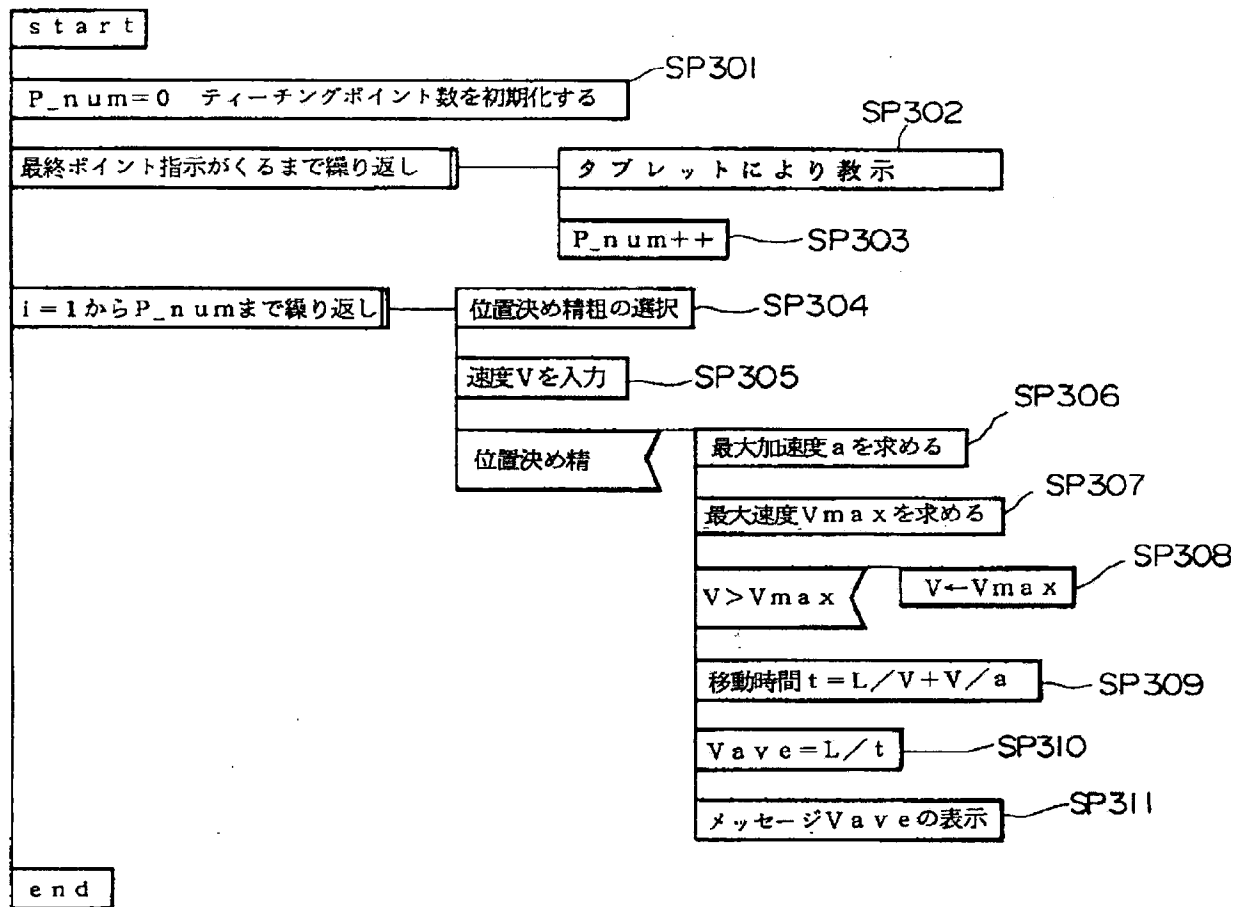
【図4】



【図 5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

G 0 5 B 19/407

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

Q 9064-3H